

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Process and apparatus for humidifying process gas for operating fuel cell systems

Patent Number: ☐ US5432020
Publication date: 1995-07-11
Inventor(s): FLECK WOLFRAM (DE)
Applicant(s):: DAIMLER BENZ AG (DE)
Requested Patent: ☐ EP0629013, A3, B1, B2
Application Number: US19940257328 19940607
Priority Number (s): DE19934318818 19930607
IPC Classification: H01M8/04
EC Classification: H01M8/04C2
Equivalents: ☐ DE4318818, ☐ EP0629014, A3, B1, JP2684159B2, JP2743147B2, ☐ JP7014597,
☐ JP7014599, ☐ US5434016

Abstract

A process and an apparatus humidify process gas for operating fuel cell systems. To ensure high efficiency, the process gas must be introduced at a predetermined temperature and humidity. A metered quantity of fine water droplets is injected into the gas supply line, by way of which the process air is humidified. If the fuel cell is operated under pressure, the process air generally has to be cooled after it has been compressed. The process air is automatically cooled as a result of a partial evaporation of the water droplets while the residual quantity of water in the form of droplets is introduced into the fuel cell.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 629 013 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
02.04.1997 Patentblatt 1997/14

(51) Int Cl.⁶: **H01M 8/04, B60L 11/18**

(21) Anmeldenummer: **94107591.3**

(22) Anmeldetag: **17.05.1994**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Luftversorgung eines Brennstoffzellensystems**

Method and device for supplying air to a fuel cell system

Procédé et dispositif pour l'alimentation en air d'un système de piles à combustible

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **07.06.1993 DE 4318818**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.12.1994 Patentblatt 1994/50

(73) Patentinhaber: **DAIMLER-BENZ
AKTIENGESELLSCHAFT
70567 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Fleck, Wolfram
D-89155 Erbach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**WO-A-92/00614 FR-A- 1 436 747
US-A- 4 923 768**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016 no. 174 (E-1195), 27. April 1992 & JP-A-04 019964 (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD) 23. Januar 1992,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007 no. 292 (E-219), 27. Dezember 1983 & JP-A-58 166671 (KANSAI DENRIYOKU KK; OTHERS: 01) 1. Oktober 1983,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012 no. 244 (E-631), 9. Juli 1988 & JP-A-63 032868 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 12. Februar 1988,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017 no. 199 (E-1352), 19. April 1993 & JP-A-04 342961 (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD) 30. November 1992,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009 no. 328 (E-369), 24. Dezember 1985 & JP-A-60 160573 (SHIMAZU SEISAKUSHO KK; OTHERS: 01) 22. August 1985,**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 629 013 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Leistung eines luftatmenden Brennstoffzellensystems gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der DE 40 21 097 ist ein Brennstoffzellensystem bekannt, bei dem die Prozeßluft mit Hilfe eines oder mehrerer Verdichter vor dem Eintritt in die Brennstoffzelle komprimiert wird. Nach dem Durchströmen der Brennstoffzelle wird die abgeführte Abluft zur Energierückgewinnung über eine Turbine entspannt, wobei die Turbine, der Verdichter und ein zusätzlicher Antriebsmotor auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind. Der Nachteil dieser Anordnung liegt darin, daß weder der Luftvolumenstrom noch der Betriebsdruck der Prozeßluft unabhängig voneinander verändert werden kann.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit der die Leistungsabgabe des Brennstoffzellensystems in allen Betriebsbereichen bei gleichzeitiger Minimierung des Energieaufwands für die Luftverdichtung optimiert werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 beziehungsweise 5 gelöst.

Durch die Kopplung des drehzahlveränderlichen Verdichters mit dem Expander mit variablem Schluckvermögen ist es möglich, das Brennstoffzellensystem immer unter optimalen Bedingungen zu betreiben und gleichzeitig die für die Luftverdichtung benötigte Energie zu reduzieren. Ein Optimum an Leistungsabgabe des Brennstoffzellensystems wird dann erreicht, wenn der Luftüberschuß und der Betriebsdruck zu jedem Zeitpunkt optimal an die Betriebsbedingungen und an die jeweilige Systemkonfiguration angepaßt ist. Hierbei kann der Luftvolumenstrom durch eine Änderung der Verdichterdrehzahl geregelt werden. Durch die Verdichterdrehzahl ist somit über die gemeinsame Welle zwar auch die Expanderdrehzahl vorgegeben. Jedoch kann über das variable Schluckvermögen des Expanders auch der Betriebsdruck geregelt werden.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die in der Abluft enthaltene Restenergie durch den Expander in mechanische Energie umgewandelt und über die gemeinsame Welle dem Verdichter wieder zugeführt wird. Dadurch wird die vom Verdichter benötigte Energie reduziert.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen gehen aus den Unteransprüchen und der Beschreibung hervor. Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung, die den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems zeigt, näher beschrieben.

Das insgesamt mit 1 bezeichnete Brennstoffzellensystem besteht aus einer Brennstoffzelle 12, beziehungsweise einem Brennstoffzellenstack, der über eine Luftzuführungsleitung 3 mit Prozeßluft versorgt wird,

welche nach dem Durchströmen einer nicht gezeigten Kathodenkammer der Brennstoffzelle 12 über eine Luftabführungsleitung 5 wieder abgeführt wird. Nicht dargestellt ist auch die Anodenkammer der Brennstoffzelle 12, die über ein zweites Gasführungssystem mit Brenngas, beispielsweise Wasserstoff, beaufschlagt wird. In der Luftzuführungsleitung 3 ist ein Verdichter 6 zur Komprimierung der Prozeßluft angeordnet. Bei der Reaktion des Wasserstoffs mit dem in der Prozeßluft enthaltenen Sauerstoff in der Brennstoffzelle 12 wird neben der elektrischen Energie auch Produktwasser und Reaktionswärme erzeugt, wobei das Produktwasser und die Reaktionswärme weitgehend mit der Prozeßluft aus der Brennstoffzelle 12 abgeführt wird. Gleichzeitig ist der Luftvolumenstrom V_{Luft} beim Verlassen der Brennstoffzelle 12 um den konsumierten Sauerstoffanteil reduziert.

Zur Rückgewinnung der in der abgeführten Prozeßluft enthaltenen Druckenergie ist in der Luftabführungsleitung 5 ein Expander 16 mit variablem Schluckvermögen vorgesehen. Der Expander 16 ist über eine gemeinsame Welle 20 mit dem Verdichter 6 verbunden, wobei auf dieser gemeinsamen Welle 20 außerdem noch ein Elektromotor 30 und ein Startermotor 28 und gegebenenfalls eine Pumpe 8 angeordnet sind. Um zu verhindern, daß der Expander 16 in bestimmten Betriebsbedingungen ein negatives Moment auf den Verdichter 6 überträgt, befindet sich zwischen Brennstoffzelle 12 und Expander 16 zusätzlich eine Klappe 32, die bei Unterdruck Umgebungsluft ansaugt. Sobald der Druck p_L vor dem Expander 16 steigt wird diese Klappe 32 vom Innendruck p_L wieder automatisch geschlossen, so daß der Expander 16 wieder Arbeit an den Verdichter 6 abgeben kann. Bei bekannten Systemen wird der notwendige Betriebsdruck p_L üblicherweise über ein Druckhalteventil, welches den Betriebsdruck p_L aufbaut und die Abluft nach dem Verlassen der Brennstoffzelle 12 an die Umgebung abläßt, eingestellt. Die Druckenergie, die dem Medium aufwendig zugeführt wurde, geht bei dieser Verfahrensweise jedoch ungenutzt über die Systemgrenze verloren.

Verdichter 6 und Expander 16 basieren vorzugsweise auf dem Verdrängerprinzip, wobei spaltabgedichtete Maschinen mit fettgeschmierten Wälzlagern für die Läufergruppen verwendet werden. Der Verdichter 6 basiert auf dem volumetrischen Pumpprinzip mit innerer Verdichtung, wodurch höchste Wirkungsgrade erreicht werden können. Fettgerüche werden über das Getriebegehäuse 26 direkt nach außen entlüftet, um eine Verunreinigung der Prozeßluft zu vermeiden. Auf eine Filterstufe stromab des Verdichters 6 kann dadurch verzichtet werden. Der Expander 16 arbeitet vorzugsweise nach dem Gleichraumprinzip, kann aber auch nach dem üblichen Turbinenprozeß der polytropen Expansionsarbeit arbeiten. Verdichter 6 und Expander 16 sind in einem gemeinsamen Gehäuse integriert, während der Startermotor 28 und der Elektromotor 30 angeflanscht werden.

Das in der Prozeßluft nach dem Durchströmen der Brennstoffzelle 12 enthaltene Produktwasser wird über ein oder mehrere Flüssigkeitsabscheider 18, 24 aus der Luftabführungsleitung 5 abgetrennt und in einem Vorratsbehälter 7 gesammelt. Aus diesem Vorratsbehälter 7 kann dann Wasser, welches zur Befeuchtung der angesaugten Prozeßluft benötigt wird, über eine Pumpe 8 gefördert und über eine Einspritzdüse 10 dosiert und fein verteilt in die Luftzuführungsleitung 3 eingespritzt werden. Die Pumpe 8 kann hierbei durch die gemeinsame Welle 20 oder einen separaten Motor angetrieben werden. Die Wassereinspritzung kann stromab oder auch stromauf des Verdichters 6 erfolgen. Das eingespritzte Wasser wird dabei durch die komprimierte und somit erhitzte Luft verdampft. Dies hat zur Folge, daß die Prozeßluft durch das verdampfte Wasser befeuchtet wird. Gleichzeitig wird der Prozeßluft aber auch die Verdampfungswärme entzogen, was zu einer Senkung der Temperatur führt. Somit wird durch die Wassereinspritzung gleichzeitig die Funktion der Luftkühlung und der Luftbefeuchtung erfüllt, so daß ein separater Luftbefeuchter entfallen kann. Lediglich bei solchen Brennstoffzellenkonfigurationen, bei denen der Energieinhalt der komprimierten Prozeßluft nicht ausreicht, die gesamte Prozeßluft ausreichend zu befeuchten, kann ein zusätzlicher Luftbefeuchter 14 notwendig werden. In diesem Fall kann jedoch zumindest die Größe dieses zusätzlichen Luftbefeuchters 14 verringert werden. Wird das Wasser vor der Verdichtung eingespritzt, so wird die Verdichterleistung nochmals um 6-8% reduziert. In diesem Fall wird dem Gas nämlich die bei der Komprimierung anfallende Energie direkt als Verdampfungswärme entzogen, während bei der nachträglichen Wassereinspritzung die Gastemperatur bei der politropen Verdichtung zunächst erhöht und erst anschließend durch Entzug der Verdampfungswärme wieder gesenkt wird.

Der Antrieb des Verdichters 6 erfolgt zum einen Teil über die Energierückgewinnung mit Hilfe des Expanders 16. Zusätzlich sind auf der gemeinsamen Welle 20 jedoch noch ein Startermotor 28 und ein weiterer Elektromotor 30 angeordnet. Der Startermotor 28 wird insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise im Fahrzeugbereich, benötigt, wobei die Spannungsversorgung dann über eine Fahrzeugbatterie 9 erfolgt, während der Elektromotor 30 über einen Stromregler 13 direkt von der Brennstoffzelle 12 versorgt wird. Beim Start des Brennstoffzellensystems 1 wird der Verdichter 6 solange durch den Startermotor 28 angetrieben, bis im Brennstoffzellensystem 1 ein minimaler Luftvolumenstrom \dot{V}_{min} und ein minimaler Betriebsdruck p_{min} zur Verfügung steht. In dieser Zeit wird der Elektromotor 30 freigeschaltet. Der minimale Volumenstrom \dot{V}_{min} und der minimale Betriebsdruck p_{min} sind so ausgelegt, daß die hierbei in der Brennstoffzelle 12 erzeugte elektrische Energie für den autarken Betrieb des gesamten Brennstoffzellensystems 1 ausreicht. Nach dem Erreichen dieses Selbstversorgungszustandes wird der Elektromotor

30 aktiviert und anschließend der Startermotor 28 abgeschaltet. Der Stromregler 13 zwischen Brennstoffzelle 12 und Elektromotor 30 dient dazu, die im Betrieb des Brennstoffzellensystems 1 auftretenden Strom- und Spannungsschwankungen auszugleichen und aus der erzeugten Gleichspannung einen pulsweitenmodulierten Wechselstrom zu erzeugen.

Zur Regelung des gesamten Brennstoffzellensystems 1 ist ein Steuergerät 11 vorgesehen. Als Regelparameter werden dem Steuergerät 11 die Brennstoffzellenspannung U_{BZ} , der Brennstoffzellenstrom I_{BZ} , die Verdichterdrehzahl n und der Luftvolumenstrom \dot{V}_{Luft} bereitgestellt, wobei der Luftvolumenstrom \dot{V}_{Luft} mit Hilfe eines zwischen Luftfilter 2 und Verdichter 6 in der Luftzuführungsleitung 3 angeordneten Sensors 34 ermittelt wird. Als Eingangsgröße wird dem Steuergerät 11 außerdem ein Sollwert für den Brennstoffzellenstrom $I_{BZ,soil}$ vorgegeben. Im Steuergerät 11 wird ein Sollwert für die Verdichterdrehzahl n_{soil} ermittelt und dem Stromregler 13 zur Bereitstellung des entsprechenden Stromwertes I_{soil} zugeführt.

Das Steuergerät 11 kann außerdem auch zur Steuerung oder Regelung der Temperatur und der Feuchtigkeit der Prozeßluft verwendet werden. Selbstverständlich ist es jedoch auch möglich, hierzu ein separates Steuergerät einzusetzen. Bei der Steuerung wird im Steuergerät 11 in Abhängigkeit von Betriebsparametern ein Sollwert für die Wassereinspritzmenge ermittelt und die entsprechende Wassermenge durch Ansteuerung der Einspritzdüse eingespritzt. Bei der Regelung ist es zusätzlich erforderlich, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit zu messen. Die Abweichung der gemessenen Istwerte für die Temperatur beziehungsweise Feuchtigkeit der Prozeßluft von vorgegebenen Sollwerten wird dann wiederum durch Anpassung der Einspritzmenge auf Null geregelt. Reicht bei einer Anordnung der Energieinhalt der komprimierten Prozeßluft nicht aus, die erforderliche Wassermenge zu verdampfen, so wird zuerst über die Wassereinspritzmenge die Temperatur auf den vorgegebenen Sollwert geregelt und anschließend die Luftfeuchtigkeit durch einen zusätzlichen Luftbefeuchter an den vorgegebenen Sollwert angepaßt.

Der Arbeitsaufwand des Verdichters 6 steigt quadratisch mit dem Druck (Förderhöhe) und proportional mit dem geförderten Massenstrom. Die Verdichterleistung steigt mit der dritten Potenz zum Luftvolumenstrom \dot{V}_{Luft} . Außerdem nimmt die erzeugte Brennstoffzellenleistung mit zunehmenden Luftdruck p_L und Luftüberschußverhältnis bei gleicher Strombelastung zu. Um einen hohen Wirkungsgrad und eine große Leistungsdichte im System zu erreichen, muß die Brennstoffzelle 12 daher bei möglichst hohem Druck p_L und mit befeuchteten Gasen betrieben werden. Um dies zu gewährleisten muß die vom Verdichter 6 bereitgestellte Prozeßluft mit möglichst geringem Energieaufwand erzeugt werden. Ein Optimum an Leistungsabgabe des Brennstoffzellensystems 1 wird dann erreicht, wenn der

Luftüberschuß und der Betriebsdruck p_L an die jeweilige Brennstoffzellenkonfiguration und an die Betriebsbedingungen angepaßt wird. Weiterhin muß der Verdichter 6 über eine hohe Drehzahlspannung und über einen hohen Wirkungsgrad im gesamten Drehzahlbereich verfügen.

Das energiesparende Betreiben eines Brennstoffzellensystems 1 wird durch laufende Anpassung des Luftvolumenstroms \dot{V}_{Luft} bewerkstelligt. Nach dem Faraday'schen Gesetz ist der Sauerstoffbedarf proportional zum Brennstoffzellenstrom I_{BZ} , welcher sich bei entsprechender Lastanforderung einstellt. Um einen sicheren Betrieb des Brennstoffzellensystems 1 zu gewährleisten muß daher der Sauerstoff im Überschuß angeboten werden. Andererseits ist es aus energetischen Gründen wünschenswert, immer nur soviel Druckluft wie notwendig bereitzustellen. Aus diesem Grund werden Sollwerte für den Luftvolumenstrom \dot{V}_{soll} in Abhängigkeit vom Brennstoffzellenstrom I_{BZ} und dem benötigten Sauerstoffüberschußfaktor in einem Kennfeld abgelegt. Im Betrieb wird der Brennstoffzellenstrom I_{BZ} gemessen und anhand des Kennfeldes ein Sollwert für den Luftvolumenstrom \dot{V}_{soll} ermittelt. Außerdem wird mit Hilfe des Sensors 34 der Istwert des Luftvolumenstroms \dot{V}_{ist} gemessen. Die Abweichung dieser beiden Größen geht dann in eine Drehzahlregelung für den Elektromotor 30 mit Hilfe des Stromreglers 13 ein.

Damit die Leistung des Brennstoffzellensystems 1 ohne große Wirkungsgradverluste variiert werden kann, benötigt man einen Verdichterantrieb, der sich gut drehzahlregeln läßt und der einen hohen Wirkungsgrad gewährleistet. Vorzugsweise wird hierzu ein permanent erregter Synchronmotor verwendet.

Das Verfahren und die Vorrichtung sind insbesondere für den Einsatz in Brennstoffzellensystemen mit protonenleitenden Elektrolytmembranen (PEM-Technik) geeignet. Die Anwendung ist jedoch keinesfalls auf solche Systeme beschränkt. Es kann sich um mobile oder stationäre Brennstoffzellensysteme handeln, beispielsweise für den Einsatz in Kraftfahrzeugen und Bahnsystemen, sowie für die dezentrale Stromversorgung.

Durch die geringen Trägheitsmomente der gesamten Luftversorgungseinheit, bedingt durch die kompakte Bauweise von Elektromotor, Verdichter und Expander, und die hohe Änderungsgeschwindigkeit des Elektromotors gelingt es, sehr kurze Reaktionszeiten zu verwirklichen. Dies hat eine sehr hohe Dynamik der Luftversorgung zur Folge. Die Hochlaufzeiten liegen im Bereich von 50 bis 100 ms. Diese Dynamik ermöglicht es, die Luftversorgung auch in stark und schnell schwankenden Stromerzeugungssystemen, wie sie beispielsweise im Fahrzeugbereich notwendig sind, einzusetzen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Regelung der Leistung einer luftatmenden Brennstoffzelle mit einem in der Luftzuführungsleitung zur Brennstoffzelle angeordnetem Verdichter mit veränderlicher Drehzahl und mit einem in der Luftabführungsleitung angeordneten Expander, wobei der Verdichter und der Expander auf einer gemeinsamen Welle angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Expander (16) mit veränderlichem Schluckvermögen verwendet wird und daß die Drehzahl (n) des Verdichters (6) und das Schluckvermögen des Expanders (16) durch ein Steuergerät (11) auf vorgegebene Sollwerte eingestellt wird.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß stromauf des Expanders (16) eine Klappe (32) vorgesehen ist, über die bei anliegendem Unterdruck Umgebungsluft angesaugt werden kann.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der gemeinsamen Welle (20) zusätzlich ein Elektromotor (30), der vom Brennstoffzellensystem (1) mit Spannung versorgt wird, und ein Startermotor (28), der von einer Starterbatterie (9) mit Spannung versorgt wird, angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Elektromotor (30) ein permanent erregter Synchronmotor verwendet wird.
5. Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ausgehend vom gemessenen Brennstoffzellenstrom (I_{BZ}) ein Sollwert für den Luftvolumenstrom (\dot{V}_{soll}) ermittelt wird, daß der Istwert des Luftvolumenstroms (\dot{V}_{ist}) durch Anpassung der Verdichterdrehzahl (n) auf diesen Sollwert (\dot{V}_{soll}) geregelt wird und daß der Druck im Kathodenraum der Brennstoffzelle (12) durch Anpassung des Schluckvermögens des Expanders (16) auf einen vorgegebenen Betriebsdruck (p_L) eingestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Start des Brennstoffzellensystems (1) der Verdichter (6) solange durch den Startermotor (28) angetrieben wird, bis ein minimaler Luftvolumenstrom (\dot{V}_{min}) und ein minimaler Betriebsdruck (p_{min}) zur Verfügung steht und daß anschließend der Elektromotor (30) gestartet und der Startermotor (28) abgeschaltet wird.

Claims

1. A device to regulate the output of an air-breathing fuel cell with a compressor with variable speed positioned in the air supply line to the fuel cell and with an expander positioned in the air removal line, whereby the compressor and the expander are positioned on a common shaft, **characterised in that,** an expander (16) with variable absorption capacity is used and that the speed (n) of the compressor (6) and the absorption capacity of the expander (16) are set to preset values by means of a control device (11).
2. A device in accordance with Claim 1, **characterised in that,** upstream of the expander (16) a flap (32) is provided through which ambient air can be taken in case of underpressure.
3. A device in accordance with Claim 1, **characterised in that,** also positioned on the common shaft (20) are an electric motor (30) which is powered by the fuel cell system (1) and a starter motor (28) which is powered by a starter battery (9).
4. A device in accordance with Claim 3, **characterised in that,** a permanently excited synchronous motor is used as the electric motor (30).
5. A process to operate the device in accordance with Claim 1, **characterised in that,** a reference value for the air stream volume (V_{ref}) is calculated based on the measured fuel cell flow (I_{BZ}), that the actual value of the air stream volume (V_{act}) is regulated by adjusting the compressor speed (n) to this reference value (V_{ref}) and that the pressure in the cathode chamber in the fuel cell (12) is set to a preset operating pressure (PL) by adjusting the absorption capacity of the expander (16).
6. A process in accordance with Claim 5, **characterised in that,** when the fuel cell system (12) is started the compressor (6) is driven by the starter motor (28) until a minimum air stream volume (V_{min}) and a minimum operating pressure (p_{min}) are achieved and that the electric motor (30) is then started and the starter motor (28) switched off.

bustible à respiration d'air, un compresseur disposé dans la canalisation d'amenée d'air aboutissant à la pile à combustible et possédant une vitesse de rotation variable, et un dispositif de détente disposé dans la canalisation d'évacuation d'air, le compresseur et le dispositif de détente étant montés sur un arbre commun, caractérisé en ce qu'on utilise un dispositif de détente (16) possédant un débit de dimensionnement variable et que la vitesse de rotation (n) du compresseur (6) et le débit de dimensionnement du dispositif de détente (16) sont réglés par un appareil de commande (11), sur des valeurs de consigne prédéterminées.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'en amont du dispositif de détente (16) est prévu un clapet (32), au moyen duquel de l'air ambiant peut être aspiré dans le cas de la présence d'une dépression.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que sur l'arbre commun (20) sont en outre montés un moteur électrique (30), qui est alimenté en tension par le système (1) de pile à combustible, et un moteur de démarrage (28), qui est alimenté en tension par une batterie (9) de démarrage.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on utilise comme moteur électrique (30), un moteur synchrone à excitation permanente.

5. Procédé pour faire fonctionner le dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à partir du courant mesuré (I_{BZ}) de la pile à combustible, on détermine une valeur de consigne ($V_{consigne}$) pour le débit volumétrique d'air, qu'on règle la valeur réelle du débit volumétrique d'air ($V_{réelle}$) sur cette valeur de consigne ($V_{consigne}$) par adaptation de la vitesse de rotation (n) du compresseur et qu'on règle la pression dans la chambre cathodique de la pile à combustible (12) à une pression de fonctionnement prédéterminé (p_L), par adaptation du débit de dimensionnement du dispositif de détente (16).

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que, lors du démarrage du système (1) de pile à combustible, le compresseur (6) est entraîné par le moteur de démarrage (28) jusqu'à ce qu'un débit volumétrique d'air minimum (V_{min}) et une pression de fonctionnement minimale (p_{min}) soit disponible et qu'ensuite on fait démarrer le moteur électrique (30) et on arrête le moteur de démarrage (28).

Revendications

1. Dispositif pour régler la puissance d'une pile à com-

